Simuleringsprogrammet GRIDNODE

Evensen, L.

Publication date:
1992

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK
DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITETSCENTER • AUC • AALBORG • DANMARK

L. EVENSEN
SIMULERINGSPROGRAMMET GRIDNODE
MARTS 1992
ISSN 0902-7513 R9205

Simuleringsprogrammet GRIDNODE

I henhold til mine tidligere skrifter [5, 6] skal simuleringsmodellen **GRIDNODE** nærmere beskrives i det efterfølgende.

Det skal fremhæves, at håndteringen af de mange knudepunktsværdier sker ved hjælp af såkaldte nøgletal, der muliggør en meget væsentlig reduktion i brugen af 3-dimensionale matricer, der ellers ville belaste arbejdslageret i computeren med store mængder af knudepunktsinformationer. Disse matricer ville endvidere løbende skulle revideres, når temperaturafhængige stofkonstanter ændrer værdi.

Det er derfor søgt at minimere lagerallokeringen ved optimering af algoritmerne. Herunder giver især anvendelsen af nøgletal enorme ressourcebesparelser og muliggør samtidig benyttelsen af databaser i form af katalogoplysninger og "arkivoplysninger" for bygningskomponenter.

L. Evensen

Strukturen i GRIDNODE-modellen

behandles indgående i det efterfølgende med beskrivelse af simuleringsforløbet i en blokdiagramkonstruktion.

Endvidere dokumenteres modellen med et FORTRAN program:

GRIDNODE.FOR

hvori algoritmerne for modellen er indlagt.

Nøgletallet NG

Programfunktionen er opbygget omkring et såkaldt NØGLETAL (key value) NG, der tilknyttes knudepunkterne i temperaturfeltet.

Nøgletallet angiver knudepunkternes beliggenhed i forhold til konstruktionselementernes grænseflader (rande) og angiver materialekategorien, et knudepunkt tilhører.

Nøgletallene er grupperet i delmængder af talområdet 1-999, som efterfølgende oversigt viser. Fx angiver et nøgletal i delområdet 100-199, at knudepunktet er beliggende nord (N) for rumelementet.

KNUDEPUNKTER (GRID NODES)	NØGLETAL NG (KEY VALUES NG)
Eksterne knpkt. (External nodes):	
Not active	1-99 (0 is prohibited)
N	100-199
S	200-299
E	300-399
W	400-499
T	500-599
B	600-699
Interne knpkt. (Internal nodes):	700-999

Effektstrømme regnes positive i retningerne:

S-N, W-E, B-T

Da hvert enkelt knudepunkt får tilskrevet et nøgletal NG (individuelt tilpasset), kan alle "stofværdier" og strålingstilførte effekter QB angives som funktion af NG:

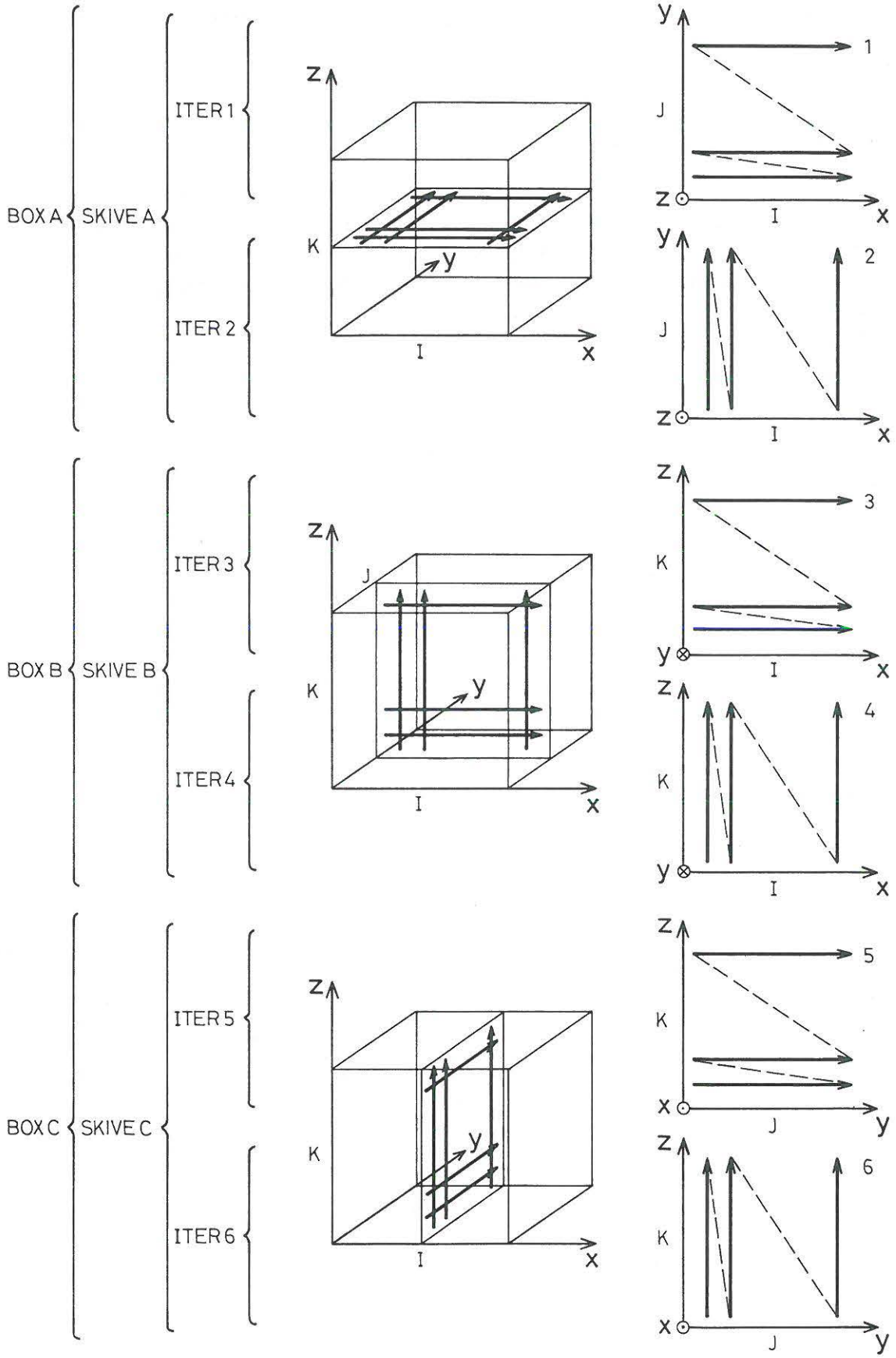
$$\lambda(\mathrm{NG}),\ c_p(\mathrm{NG}),\ \rho_p(\mathrm{NG}),\ \alpha(\mathrm{NG}),\ \mathrm{QB(NG)}$$

Kun NG(I,J,K), TN(I,J,K), HSO(I,J,K) optræder som 3-dimensionale matricer, mens alle øvrige indicerede variable er en-dimensionale. (TN er afledt af t^{new}, dvs. $t^{\tau+\Delta\tau}$).

Herved opnås væsentlige fordele ved indlæsning af inddata og håndtering af databaser i form af katalogoplysninger om byggematerialer og konstruktionselementer.

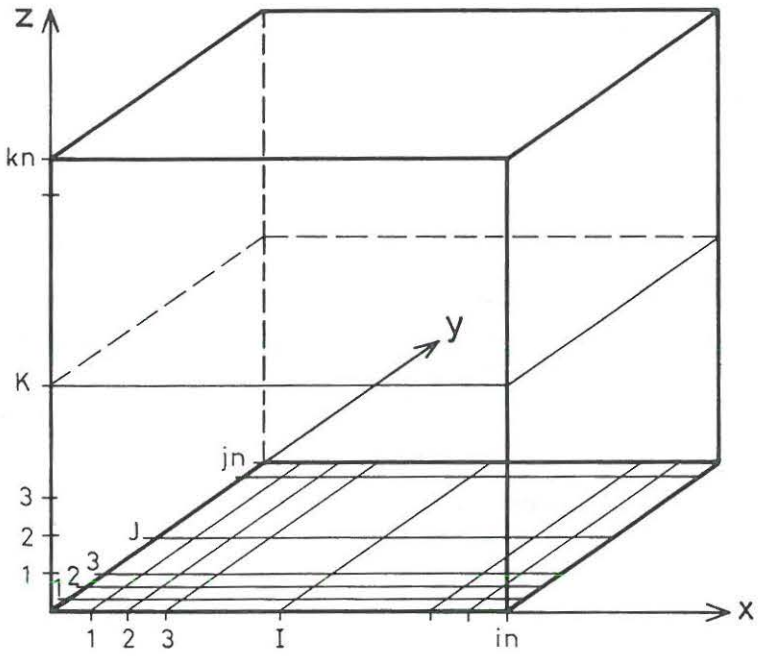
Endvidere kan der hentes detailoplysninger ved legemets rande og indre skilleflader ved struktureret brug af nøgletallene NG. Samtidig opnås en strukturering af output data, der muliggør en differentieret oversigt over væsentlige data for konstruktionens interaktion med omgivelserne og energiakkumulering.

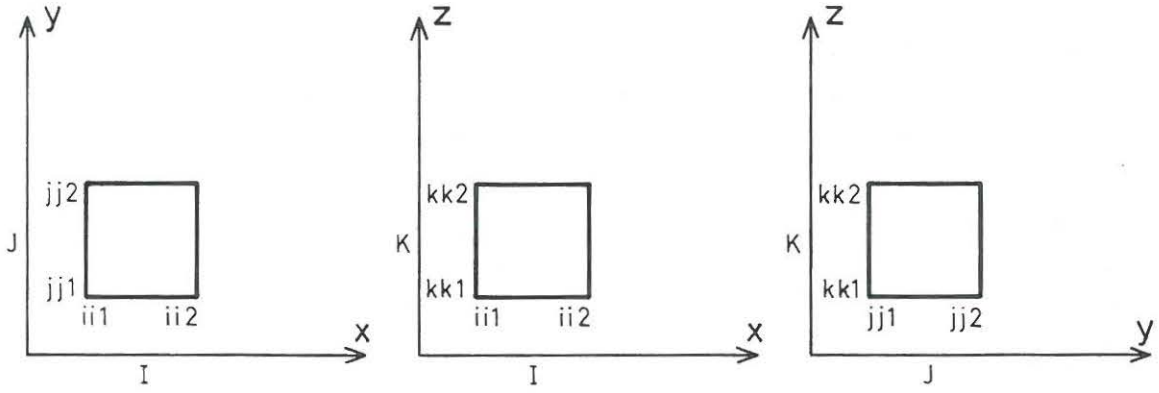
Knudepunktsiterationerne afvikles ved KRYDSITERATION, der er struktureret således:

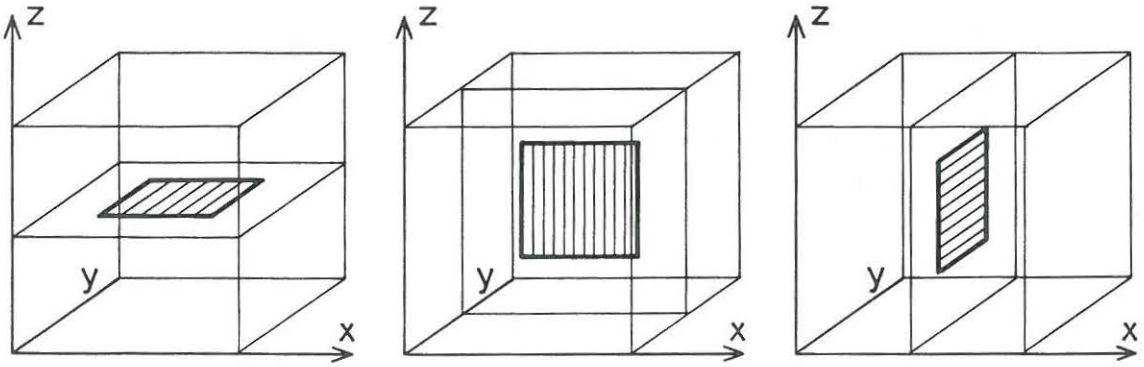


Efterfølgende figur viser systemidentifikationen og indlæggelsen af "WINDOWS", der afgrænser udvalgte dele af konstruktionen.

Systemidentifikation







GRIDNODE

Fortran programmet GRIDNODE er opbygget subroutinebaseret, idet "blokkene" i blokdiagrammet udgør selvstændige subroutiner. Herved undgås den mangel på overblik, der kendetegner hidtil publicerede programstrukturer. Samtidig er de hidtil publicerede programmer opbygget over simple, unuancerede konstruktionselementer, bl.a. med henblik på at kunne anvende automatiske gitterværksgeneratorer. Er konstruktionen imidlertid uhyre kompliceret som en bygningsdel med ydervægspartier med vindueselementer, gulv- og loftskonstruktioner, m.v., svigter automatikken.

Forskningsmæssigt må der derfor ved udarbejdelse af en BST-model tages hensyn til konstruktionselementernes "uhåndterlige" form især ved "3-dimensionale" temperaturfelter.

Det er disse komplicerede forløb, BST-programmet håndterer med anvendelse af rimeligt overskuelige indlæsningsrutiner og uddateringer, muliggjort ved anvendelsen af nøgletallene NG (I,J,K). Endvidere muliggør blokdiagramoversigten indlæggelse og tilføjelse af systemrutiner efter ønske samt udskiftning og forbedring af programafsnit uden at miste overblikket.

I denne version af Fortran programmet GRIDNODE er det valgt at overføre konstruktionsgeometrien og materialespecifikationerne fra en ekstern fil (GINITIA.FOR) samtidig med oversættelsen af hovedprogrammet (ved hjælp af en include-sætning).

Programmet GRIDNODE vil i en senere version blive revideret, således at inddateringen organiseres ved hjælp af et menu-organiseret, interaktivt indlæseprogram, der standardiserer indlæsningen af geometri, materialeoplysninger og styringsparametre for den dynamiske temperaturberegning og samtidig styrer udlæsningsmængderne.

Programmet kan i den angivne form forholdsvis let udvides til at beregne/udskrive overfladetemperaturer, effektstrømme og akkumulerede energimængder for ønskede dele af bygningskonstruktionen ved at indlægge beregningsrutiner i subroutinen tidsstep.

Eksemplet der indlæses i gridnode ved hjælp af GINITIA.FOR omhandler en stålterning med nøgletallet 700 og $\lambda = 52$, $\rho = 7850$, $c_p = 460$.

Stålterningen har fri sidevægge med $\alpha = 7{,}7$ mod omgivelserne, der overalt har temperaturen 0°C og nøgletallet 1.

Starttemperaturen er 100°C for stålblokken, hvori der er indlagt 10 knudepunktsplaner, hvoraf de 8 forløber i stålblokkens indre (2-9).

Temperaturfordelingen beregnes for tidsstep $\Delta\tau = 3600$ sek. $= 1$ time.

Kommentarlinierne i GRIDNODE programmet (source text) forklarer handlingsforløbet med antydninger af udskriftsmulighederne og placeringen heraf. Læseren kan selv modificere disse udskrifter og more sig med at indlægge andre mere komplicerede konstruktionselementer.

Publikationsliste

1. Louis Evensen: Forskningsteoretisk oplæg inden for klimateknikken, august 1986, ISSN0105-7421 R8614.
2. Louis Evensen: Energiligningen på Computer-form, Diskussion af energiligningen, august 1988, ISSN0902-7513 R8815.
3. Louis Evensen: Det hygrotermiske grundlag for bygningskonstruktioner, november 1988, ISSN0902-7513 R8837.
4. Louis Evensen: Simulering af temperaturforløb i teglstensydervæg, februar 1989, ISSN0902-7513 R8903.
5. Louis Evensen: Effektbalanceligningen for det generelle rumelement september 1990, ISSN0902-7513 R9030.
6. Louis Evensen: Simuleringsmodel til dynamisk temperaturberegning for rumlig bygningskonstruktion september 1990, ISSN0902-7513 R9031.

SIMULERINGSPROGRAMMET
GRIDNODE

Parameter part
Declaration part
Common part
Initialization part

```
C       Parameter part: gparam.for
        parameter(in=10,jn=10,kn=10)
C       Declaration part: gdecl.for
        integer i,j,k,ii1,jj1,kk1,ii2,jj2,kk2
        integer stnr,it,maxit
        integer f1,fe,f2,f3,f4,f5
        integer f(max(in,jn,kn)),ff(max(in,jn,kn))
        integer ng(in,jn,kn)
        real rt,rp,tid,dt,st,rf,bt
        real dp,rr,vp,ax,ay,az
        real lp,lw,wp,le,pe,ls,sp,lnn,pn,lb,bp,lt,pt
        real sum,ftp,cc,qbwp,qbpe,qbsp,qbpn,qbbp,qbpt
        real x(in),y(jn),z(kn)
        real to(max(in,jn,kn)),am(max(in,jn,kn)),cm(max(in,jn,kn))
        real la(999),al(999),ca(999),rho(999),qb(999)
        real hso(in,jn,kn)
        real*8 tn(in,jn,kn)
C       Common part: gcommon.for
        common i,j,k,ii1,jj1,kk1,ii2,jj2,kk2,
     + ii,jj,kk,
     + stnr,it,maxit,
     + f1,fe,f2,f3,f4,f5,
     + f,ff,ng,
     + rt,rp,tid,dt,st,rf,bt,
     + dp,rr,vp,ax,ay,az,
     + lp,lw,wp,le,pe,ls,sp,lnn,pn,lb,bp,lt,pt,
     + sum,ftp,cc,qbwp,qbpe,qbsp,qbpn,qbbp,qbpt,
     + x,y,z,to,am,cm,la,al,ca,rho,qb,hso,tn
C       Initialization part: ginitia.for
        data x/1.0,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7,1.8,1.9/
        data y/1.0,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7,1.8,1.9/
        data z/1.0,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7,1.8,1.9/
        ii1=2
        ii2=9
        jj1=2
        jj2=9
        kk1=2
        kk2=9 !slut index
        maxit=100
        rt=1.0 !residual limit value
        tid=0.0 !starttid i sek
        dt=3600 !tidsstep i sek
        st=14400 !sluttid i sek
        rf=1.0 !weighting factor
        bt=1.0 !reduction factor for back adjustment
C       data:
        al(1)=7.7
        la(1)=0.0
        ca(1)=0.0
```

```
rho(1)=0.0
qb(1)=0.0
al(700)=0.0
la(700)=52
rho(700)=7850
ca(700)=460
qb(700)=0.0
do kk=1,kn
do jj=1,jn
do ii=1,in
ng(ii,jj,kk)=1 !extern
tn(ii,jj,kk)=0.0 !omg.temp=0 c
enddo
enddo
enddo
do kk=kk1,kk2
do jj=jj1,jj2
do ii=ii1,ii2
ng(ii,jj,kk)=700 !internal node
tn(ii,jj,kk)=100.0 !start temp
enddo
enddo
enddo
```

SIMULERINGSPROGRAMMET
GRIDNODE

Hovedprogrammet
temp-program

```
      program temp_program
C     open(unit=1,file='gg.dat',status='unknown')
C     temp.prog Lines 1-99 MAIN-program
C     ***********
C     Declaration part: gdecl.for
C     integer i,j,k,ii1,jj1,kk1,ii2,jj2,kk2
C     integer stnr,it,maxit
C     integer f1,fe,f2,f3,f4,f5
C     integer f(max(in,jn,kn)),ff(max(in,jn,kn))
C     integer ng(in,jn,kn)
C     real rt,rp,tid,dt,st,rf,bt
C     real dp,rr,vp,ax,ay,az
C     real lp,lw,wp,le,pe,ls,sp,lnn,pn,lb,bp,lt,pt
C     real sum,ftp,cc,qbwp,qbpe,qbsp,qbpn,qbbp,qbpt
C     real x(in),y(jn),z(kn)
C     real to(max(in,jn,kn)),am(max(in,jn,kn)),cm(max(in,jn,kn))
C     real la(999),al(999),ca(999),rho(999),qb(999)
C     real hso(in,jn,kn)
C     real*8 tn(in,jn,kn)
C     ***********
C     Parameter list: gparam.for
C     parameter(in=10,jn=10,kn=10) F.eks.
C     ***********
C     Common list: gcommon.for
C     common i,j,k,ii1,jj1,kk1,ii2,jj2,kk2,
C    + ii,jj,kk,
C    + stnr,it,maxit,
C    + f1,fe,f2,f3,f4,f5,
C    + f,ff,ng,
C    + rt,rp,tid,dt,st,rf,bt,
C    + dp,rr,vp,ax,ay,az,
C    + lp,lw,wp,le,pe,ls,sp,lnn,pn,lb,bp,lt,pt,
C    + sum,ftp,cc,qbwp,qbpe,qbsp,qbpn,qbbp,qbpt,
C    + x,y,z,to,am,cm,la,al,ca,rho,qb,hso,tn
      ************************************************************
C     GRID NODES (Knpkt) KEY VALUES (noegletal)
C     EXTERNAL VALUES:
C     NO ACTION 1-99 0 is prohibited
C     N 100-199
C     S 200-299
C     E 300-399
C     W 400-499
C     T 500-599
C     B 600-699
C     INTERNAL NODES: 700-999
      ************************************************************
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
```

```
      include'ginitia.for'
      call temp_prog
      stop
      end
      ************************************************************
      ************************************************************
      Subroutine temp_prog
C     temp_prog Lines 100-999
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     temp_prog_start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      j=jj1
      k=kk1
      stnr=1 !stepnr
      it=1 !Iteration no
      tid=tid+dt
      f1=0
      fe=0 !error signal
      !!!!!!!!!!end
  200 continue
      call tidsstep
      if (f1.eq.0)goto200
C     call temp_prog_slut
      !!!!!!!!!!begin
      if (fe.eq.1)write(6,*)' ERROR: iterationerne konvergerer ',
     + 'ikke for IT¡=MAXIT'
      write(6,*)' —BST—END','TID=',tid,'STEPNO:',stnr,'IT=',it
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine tidsstep
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     tidsstep Lines 1000-1999
C     call tidsstep_start
      !!!!!!!!!!begin
      call hso1
C     Revision of QB(NG) to TID + DT
      call hso2
      f2=0
      !!!!!!!!!!end
 1200 continue
      call iteration
      if (f2.eq.0)goto1200
```

```
C       call tidsstep_slut
        !!!!!!!!!!begin
C       Udskriv tn values paa extern fil tillige med TID og STNR
        if (fe.eq.1)then
        f1=1
        goto1300
        endif
C       Beregn/udskriv overfladetemp., effektstroemme og energiakk.
C       paa extern fil eller paa output (ved batch job)
        open(unit=1,file='gg.dat',status='unknown')
        write(1,*),'it no=',it,(tn(iii,5,5),iii=1,in)
        write(1,*),(tn(5,jjj,5),jjj=1,jn)
        write(1,*),(tn(5,5,kkk),kkk=1,kn)
        if ((tid+dt).gt.st)f1=1
        if (f1.eq.0)then
        stnr=stnr+1
        tid=tid+dt
        it=1
C       Korriger/revise alfa, lambda, capacity, rho to tid+dt
        write(6,*)'Slut paa tidsstep no:',stnr
        endif
 1300   continue
        !!!!!!!!!!end
        return
        end
        **********************************
        Subroutine iteration
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       iteration Lines 2000-2999
C       call iteration_start
        !!!!!!!!!!begin
        rp=0.0
        !!!!!!!!!!end
        call boxa
        call boxb
        call boxc
C       call iteration_slut
        !!!!!!!!!!begin
        write(6,*)' END of BOX-ITERATION'
        write(6,*)'rp=',rp
        write(6,*)'f2=',f2
        if (rp.le.rt)f2=1
        if (rp.gt.rt.and.(it+1).gt.maxit)then
        f2=1
        fe=1
        endif
        if (f2.eq.0)it=it+1
```

```
      if (f2.eq.1)write(6,*)'End of iteration no:',it
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine boxa
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     boxa Lines 3000-3999
C     call boxa_start
      !!!!!!!!!!begin
      k=kk1
      f3=0
      !!!!!!!!!!end
 3200 continue
      call skivea
      if (f3.eq.0)goto3200
C     call boxa_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv evt. monitorline
C     write(6,*)(tn(ii,5,5),ii=1,in)
C     write(6,*)(tn(5,jj,5),jj=1,jn)
C     write(6,*)(tn(5,5,kk),kk=1,kn)
C     PAUSE'BOXA TERMINATED,TYPE CONTINUE OR EXIT TO RESUME EXECUTION'
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine skivea
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivea Lines4000-4999
C     call skivea_start
      !!!!!!!!!!begin
      !!!!!!!!!!end
      call skivea_it1
      call skivea_it2
C     call skivea_slut
      !!!!!!!!!!begin
      k=k+1
      if (k.gt.kk2)f3=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine skivea_it1
      include'gparam.for'
```

```
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivea_iteration1 Lines 5000-5999
C     call skivea_it1_start
      !!!!!!!!!!begin
      j=jj1
      do jj=1,jn
      ff(jj)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
 5200 continue
      call linieit1
      if (f4.eq.0)goto5200
C     call skivea_it1_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv evt. monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine linieit1
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration1 Lines 6000-6999
C     call linieit1.start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      do ii=1,in
      f(ii)=1 !external
      am(ii)=0.0
      cm(ii)=tn(ii,j,k)
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
 6200 continue
      call cell_c1
      if (f5.eq.0)goto6200
C     call linieit1_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Test if the column is internal 0 or external 1
      do ii=ii1,ii2
      if (f(ii).eq.0)ff(j)=0
      enddo
C     If ff(j)=0 (internal column) then perform back substitution
      if (ff(j).eq.0)then
      do ii=ii1,ii2
      to(ii)=tn(ii,j,k) !keep tn-values in to for bt-reduction
```

```
      enddo
      do ii=ii2,ii1,-1
      tn(ii,j,k)=am(ii)*tn(ii+1,j,k)+cm(ii)
      enddo
C     Perform bt-reduction
      if (bt.lt.1.0)then
      do ii=ii1,ii2
      tn(ii,j,k)=bt*tn(ii,j,k)+(1.0-bt)*to(ii)
      enddo
      endif
C     End of back substitution
      endif
      j=j+1
      if (j.gt.jj2)f4=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine cell_c1
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     celle_calc1 Lines 7000-7999
C     call cell_c1_start
      !!!!!!!!!!begin
      if (ng(i,j,k).ge.700)f(i)=0 !INTERNAL GRID NODE
      !!!!!!!!!!end
      call trans1 !Lines 8000-8999
C     call cell_c1_slut
      !!!!!!!!!!begin
      i=i+1
      if (i.gt.ii2)f5=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine trans1
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     trans1 Lines 8000-8999
      if (f(i).eq.0)then
C     Calculation of am(i), cm(i) and rp (residualsum)
      call transsub
      am(i)=rf*pe/(ftp-rf*wp*am(i-1))
      cc=hso(i,j,k)+rf*sp*tn(i,j-1,k)+rf*pn*tn(i,j+1,k)+
     + rf*bp*tn(i,j,k-1)+rf*pt*tn(i,j,k+1)
      cm(i)=(cc+rf*wp*cm(i-1))/(ftp-rf*wp*am(i-1))
      rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*wp*tn(i-1,j,k)-rf*pe*tn(i+1,j,k)-cc
```

```
      rp=rp+abs(rr)
      endif
      return
      end
      **********************************
      Subroutine skivea_it2
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivea_iteration2 Lines 9000-9999
C     call skivea_it2_start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      do ii=1,in
      ff(ii)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
 9200 continue
      call linieit2
      if (f4.eq.0)goto9200
C     call skivea_it2_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv evt. monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine linieit2
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration2 Lines 10000-10999
C     call linieit2_start
      !!!!!!!!!!begin
      j=jj1
      do jj=1,jn
      f(jj)=1
      am(jj)=0.0
      cm(jj)=tn(i,jj,k)
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
10200 continue
      call cell_c2
      if (f5.eq.0)goto10200
C     call linieit2_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     back substitution
```

```
      do jj=jj1,jj2
      if (f(jj).eq.0)ff(i)=0
      enddo
C     If ff(i)=0 (internal column) then perform back substitution
      if (ff(j).eq.0)then
      do jj=jj1,jj2
      to(jj)=tn(i,jj,k) !keep tn-values in to for bt-reduction
      enddo
      do jj=jj2,jj1,-1
      tn(i,jj,k)=am(jj)*tn(ii,j+1,k)+cm(jj)
      enddo
C     Perform bt-reduction
      if (bt.lt.1.0)then
      do jj=jj1,jj2
      tn(i,jj,k)=bt*tn(i,jj,k)+(1.0-bt)*to(jj)
      enddo
      endif
C     End of back substitution
      endif
      i=i+1
      if (i.gt.ii2)f4=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine cell_c2
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     cell_calc2 Lines 11000-11999
C     call cell_c2_start
      !!!!!!!!!!begin
      if (ng(i,j,k).ge.700)f(j)=0 !INTERNAL GRID NODE
      !!!!!!!!!!end
      call trans2 !Lines 12000-12999
C     call cell_c2_slut
      !!!!!!!!!!begin
      j=j+1
      if (j.gt.jj2)f5=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine trans2
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     trans2 Lines 12000-12999
      if (f(j).eq.0)then
```

```
C       Calculation of am(j), cm(j) and rp (residualsum)
        call transsub
        am(j)=rf*pn/(ftp-rf*sp*am(j-1))
        cc=hso(i,j,k)+rf*wp*tn(i-1,j,k)+rf*pe*tn(i+1,j,k)+
     + rf*bp*tn(i,j,k-1)+rf*pt*tn(i,j,k+1)
        cm(j)=(cc+rf*sp*cm(j-1))/(ftp-rf*sp*am(j-1))
        rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*sp*tn(i,j-1,k)-rf*pn*tn(i,j+1,k)-cc
        rp=rp+abs(rr)
        endif
        return
        end
        ********************************
        ************************************************************************
        ********************************
        Subroutine boxb
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       boxb Lines 13000-13999
C       call boxb_start
        !!!!!!!!!!begin
        j=jj1
        f3=0
        !!!!!!!!!!end
 13200  continue
        call skiveb
        if (f3.eq.0)goto13200
C       call boxb_slut
        !!!!!!!!!!begin
C       write(6,*)(tn(ii,5,5),ii=1,in)
C       write(6,*)(tn(5,jj,5),jj=1,jn)
C       write(6,*)(tn(5,5,kk),kk=1,kn)
C       PAUSE'BOXB TERMINATED,TYPE CONTINUE OR EXIT TO RESUME EXECUTION'
        !!!!!!!!!!end
        return
        end
        ********************************
        Subroutine skiveb
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       skiveb Lines 14000-14999
C       call skiveb_start
        !!!!!!!!!!begin
        !!!!!!!!!!end
        call skiveb_it3
        call skiveb_it4
C       call skiveb_slut
        !!!!!!!!!!begin
```

```
      j=j+1
      if (j.gt.jj2)f3=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine skiveb_it3
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skiveb_iteration3 Lines 15000-15999
C     call skiveb_it3_start
      !!!!!!!!!!begin
      k=kk1
      do kk=1,kn
      ff(kk)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
15200 continue
      call linieit3
      if (f4.eq.0)goto15200
C     call skiveb_it3_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv evt. monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine linieit3
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration3 Lines 16000-16999
C     call linieit3_start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      do ii=1,in
      f(ii)=1
      am(ii)=0.0
      cm(ii)=tn(ii,j,k)
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
16200 continue
      call cell_c3
      if (f5.eq.0)goto16200
C     call linieit3_slut
      !!!!!!!!!!begin
```

```
C       back substitution
        do ii=ii1,ii2
        if (f(ii).eq.0)ff(k)=0
        enddo
C       If ff(k)=0 (internal column) then perform back substitution
        if (ff(k).eq.0)then
        do ii=ii1,ii2
        to(ii)=tn(ii,j,k) !keep tn-values in to for bt-reduction
        enddo
        do ii=ii2,ii1,-1
        tn(ii,j,k)=am(ii)*tn(ii+1,j,k)+cm(ii)
        enddo
C       Perform bt-reduction
        if (bt.lt.1.0)then
        do ii=ii1,ii2
        tn(ii,j,k)=bt*tn(ii,j,k)+(1.0-bt)*to(ii)
        enddo
        endif
C       End of back substitution
        endif
        k=k+1
        if (k.gt.kk2)f4=1
        !!!!!!!!!!end
        return
        end
        **********************************
        Subroutine cell_c3
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       cell_calc3 Lines 17000-17999
C       call cell_c3_start
        !!!!!!!!!!begin
        if (ng(i,j,k).ge.700)f(i)=0 !INTERNAL GRID NODE
        !!!!!!!!!!end
        call trans3 !Lines 18000-18999
C       call cell_c3_slut
        !!!!!!!!!!begin
        i=i+1
        if (i.gt.ii2)f5=1
        !!!!!!!!!!end
        return
        end
        **********************************
        Subroutine trans3
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       trans3 Lines 18000-18999
```

```
      if (f(i).eq.0)then
C     Calculation of am(i), cm(i) and rp (residualsum)
      call transsub
      am(i)=rf*pe/(ftp-rf*wp*am(i-1))
      cc=hso(i,j,k)+rf*sp*tn(i,j-1,k)+rf*pn*tn(i,j+1,k)+
     + rf*bp*tn(i,j,k-1)+rf*pt*tn(i,j,k+1)
      cm(i)=(cc+rf*wp*cm(i-1))/(ftp-rf*wp*am(i-1))
      rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*wp*tn(i-1,j,k)-rf*pe*tn(i+1,j,k)-cc
      rp=rp+abs(rr)
      endif
      return
      end
      **********************************
      **********************************
      Subroutine skiveb_it4
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skiveb_iteration4 Lines 19000-19999
C     call skiveb_it4_start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      do ii=1,in
      ff(ii)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
19200 continue
      call linieit4
      if (f4.eq.0)goto19200
C     call skiveb_it4_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine linieit4
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration4 Lines 20000-20999
C     call linieit4_start
      !!!!!!!!!!begin
      k=kk1
      do kk=1,kn
      f(kk)=1
      am(kk)=0.0
      cm(kk)=tn(i,j,kk)
```

```
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
20200 continue
      call cell_c4
      if (f5.eq.0)goto20200
C     call linieit4_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     back substitution
      do kk=kk1,kk2
      if (f(kk).eq.0)ff(i)=0
      enddo
C     If ff(i)=0 (internal column) then perform back substitution
      if (ff(i).eq.0)then
      do kk=kk1,kk2
      to(kk)=tn(i,j,kk) !keep tn-values in to for bt-reduction
      enddo
      do kk=kk2,kk1,-1
      tn(i,j,kk)=am(kk)*tn(i,j,kk+1)+cm(kk)
      enddo
C     Perform bt-reduction
      if (bt.lt.1.0)then
      do kk=kk1,kk2
      tn(i,j,kk)=bt*tn(i,j,kk)+(1.0-bt)*to(kk)
      enddo
      endif
C     End of back substitution
      endif
      i=i+1
      if (i.gt.ii2)f4=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine cell_c4
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     cell_calc4 Lines 21000-21999
C     call cell_c4_start
      !!!!!!!!!!begin
      if (ng(i,j,k).ge.700)f(k)=0
      !!!!!!!!!!end
      call trans4 !Lines 22000-22999
C     call cell_c4_slut
      !!!!!!!!!!begin
      k=k+1
      if (k.gt.kk2)f5=1
      !!!!!!!!!!end
```

```
      return
      end
      **********************************
      Subroutine trans4
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     trans4 Lines 22000-22999
      if (f(i).eq.0)then
C     Calculation of am(i), cm(i) and rp (residualsum)
      call transsub
      am(k)=rf*pt/(ftp-rf*bp*am(k-1))
      cc=hso(i,j,k)+rf*sp*tn(i,j-1,k)+rf*pn*tn(i,j+1,k)+
     + rf*wp*tn(i-1,j,k)+rf*pe*tn(i+1,j,k)
      cm(k)=(cc+rf*bp*cm(k-1))/(ftp-rf*bp*am(k-1))
      rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*bp*tn(i,j,k-1)-rf*pt*tn(i,j,k+1)-cc
      rp=rp+abs(rr)
      endif
      return
      end
      **********************************
      ****************************************************************
      **********************************
      Subroutine boxc
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     boxc Lines 23000-23999
C     call boxc_start
      !!!!!!!!!!begin
      i=ii1
      f3=0
      !!!!!!!!!!end
23200 continue
      call skivec
      if (f3.eq.0)goto23200
C     call boxc_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     open(unit=1,file='gg.dat',status='unknown')
C     write(1,*),'it no=',it,(tn(iii,5,5),iii=1,in)
C     write(1,*),(tn(5,jjj,5),jjj=1,jn)
C     write(1,*),(tn(5,5,kkk),kkk=1,kn)
C     PAUSE'BOXC TERMINATED,TYPE CONTINUE OR EXIT TO RESUME EXECUTION'
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine skivec
      include'gparam.for'
```

```
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivec Lines24000-24999
C     call skivec_start
      !!!!!!!!!!begin
      !!!!!!!!!!end
      call skivec_it5
      call skivec_it6
C     call skivec_slut
      !!!!!!!!!!begin
      i=i+1
      if (i.gt.ii2)f3=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      ************************************
      Subroutine skivec_it5
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivec_iteration5 Lines 25000-25999
C     call skivec_it5_start
      !!!!!!!!!!begin
      k=kk1
      do kk=1,kn
      ff(kk)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
25200 continue
      call linieit5
      if (f4.eq.0)goto25200
C     call skivec_it5_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      ************************************
      Subroutine linieit5
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration5 Lines 26000-26999
C     call linieit5_start
      !!!!!!!!!!begin
      j=jj1
      do jj=1,jn
      f(jj)=1
```

```
      am(jj)=0.0
      cm(jj)=tn(i,jj,k)
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
26200 continue
      call cell_c5
      if (f5.eq.0)goto26200
C     call linieit5_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     back substitution
      do jj=jj1,jj2
      if (f(jj).eq.0)ff(k)=0
      enddo
C     If ff(k)=0 (internal column) then perform back substitution
      if (ff(k).eq.0)then
      do jj=jj1,jj2
      to(jj)=tn(i,jj,k) !keep tn-values in to for bt-reduction
      enddo
      do jj=jj2,jj1,-1
      tn(i,jj,k)=am(jj)*tn(i,jj+1,k)+cm(jj)
      enddo
C     Perform bt-reduction
      if (bt.lt.1.0)then
      do jj=jj1,jj2
      tn(i,jj,k)=bt*tn(i,jj,k)+(1.0-bt)*to(jj)
      enddo
      endif
C     End of back substitution
      endif
      k=k+1
      if (k.gt.kk2)f4=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine cell_c5
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     cell_calc5 Lines 27000-27999
C     call cell_c5_start
      !!!!!!!!!!begin
      if (ng(i,j,k).ge.700)f(j)=0
      !!!!!!!!!!end
      call trans5 !Lines 28000-28999
C     call cell_c5_slut
      !!!!!!!!!!begin
      j=j+1
```

```
      if (j.gt.jj2)f5=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine trans5
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     trans5 Lines 28000-28999
      if (f(k).eq.0)then
C     Calculation of am(j), cm(j) and rp (residualsum)
      call transsub
      am(j)=rf*pn/(ftp-rf*sp*am(j-1))
      cc=hso(i,j,k)+rf*wp*tn(i-1,j,k)+rf*pe*tn(i+1,j,k)+
     + rf*bp*tn(i,j,k-1)+rf*pt*tn(i,j,k+1)
      cm(j)=(cc+rf*sp*cm(j-1))/(ftp-rf*sp*am(j-1))
      rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*sp*tn(i,j-1,k)-rf*pn*tn(i,j+1,k)-cc
      rp=rp+abs(rr)
      endif
      return
      end
      **********************************
      **********************************
      Subroutine skivec_it6
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     skivec_iteration6 Lines 29000-29999
C     call skivec_it6_start
      !!!!!!!!!!begin
      j=jj1
      do jj=1,jn
      ff(jj)=1
      enddo
      f4=0
      !!!!!!!!!!end
29200 continue
      call linieit6
      if (f4.eq.0)goto29200
C     call skivec_it6_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     Udskriv evt monitorline
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine linieit6
      include'gparam.for'
```

```
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     linieiteration6 Lines 30000-30999
C     call linieit6_start
      !!!!!!!!!!begin
      k=kk1
      do kk=1,kn
      f(kk)=1
      am(kk)=0.0
      cm(kk)=tn(i,j,kk)
      enddo
      f5=0
      !!!!!!!!!!end
30200 continue
      call cell_c6
      if (f5.eq.0)goto30200
C     call linieit6_slut
      !!!!!!!!!!begin
C     back substitution
      do kk=kk1,kk2
      if (f(kk).eq.0)ff(j)=0
      enddo
C     If ff(j)=0 (internal column) then perform back substitution
      if (ff(j).eq.0)then
      do kk=kk1,kk2
      to(kk)=tn(i,j,kk) !keep tn-values in to for bt-reduction
      enddo
      do kk=kk2,kk1,-1
      tn(i,j,kk)=am(kk)*tn(i,j,kk+1)+cm(kk)
      enddo
C     Perform bt-reduction
      if (bt.lt.1.0)then
      do kk=kk1,kk2
      tn(i,j,kk)=bt*tn(i,j,kk)+(1.0-bt)*to(kk)
      enddo
      endif
C     End of back substitution
      endif
      j=j+1
      if (j.gt.jj2)f4=1
      !!!!!!!!!!end
      return
      end
      **********************************
      Subroutine cell_c6
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     cell_calc6 Lines 31000-31999
```

```
C       call cell_c6_start
        !!!!!!!!!!begin
        if (ng(i,j,k).ge.700)f(k)=0 !INTERNAL GRID NODE
        !!!!!!!!!!end
        call trans6 !Lines 32000-32999
C       call cell_c6_slut
        !!!!!!!!!!begin
        k=k+1
        if (k.gt.kk2)f5=1
        !!!!!!!!!!end
        return
        end
        **********************************
        Subroutine trans6
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       trans6 Lines 32000-32999
        if (f(j).eq.0)then
C       Calculation of am(k), cm(k) and rp (residualsum)
        call transsub
        am(k)=rf*pt/(ftp-rf*bp*am(k-1))
        cc=hso(i,j,k)+rf*sp*tn(i,j-1,k)+rf*pn*tn(i,j+1,k)+
     + rf*wp*tn(i-1,j,k)+rf*pe*tn(i+1,j,k)
        cm(k)=(cc+rf*bp*cm(k-1))/(ftp-rf*bp*am(k-1))
        rr=ftp*tn(i,j,k)-rf*bp*tn(i,j,k-1)-rf*pt*tn(i,j,k+1)-cc
        rp=rp+abs(rr)
        endif
        return
        end
        **********************************
        ****************************************************************
        ****************************************************************
        Subroutine transsub
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       transsub lines 40000-40999
        vp=(x(i+1)-x(i-1))*(y(j+1)-y(j-1))*(z(k+1)-z(k-1))/8.0
        ax=(y(j+1)-y(j-1))*(z(k+1)-z(k-1))/4.0
        ay=(x(i+1)-x(i-1))*(z(k+1)-z(k-1))/4.0
        az=(x(i+1)-x(i-1))*(y(j+1)-y(j-1))/4.0
        lp=la(ng(i,j,k))
C       **************
        lw=la(ng(i-1,j,k))+al(ng(i-1,j,k))*(x(i)-x(i-1))/2.0
        wp=2.0*lw*lp*ax/((lw+lp)*(x(i)-x(i-1)))
C       **************
        le=la(ng(i+1,j,k))+al(ng(i+1,j,k))*(x(i+1)-x(i))/2.0
        pe=2.0*lp*le*ax/((lp+le)*(x(i+1)-x(i)))
```

```
C       ************
        ls=la(ng(i,j-1,k))+al(ng(i,j-1,k))*(y(j)-y(j-1))/2.0
        sp=2.0*ls*lp*ay/((ls+lp)*(y(j)-y(j-1)))
C       ************
        lnn=la(ng(i,j+1,k))+al(ng(i,j+1,k))*(y(j+1)-y(j))/2.0
        pn=2.0*lp*lnn*ay/((lp+lnn)*(y(j+1)-y(j)))
C       ************
        lb=la(ng(i,j,k-1))+al(ng(i,j,k-1))*(z(k)-z(k-1))/2.0
        bp=2.0*lb*lp*az/((lb+lp)*(z(k)-z(k-1)))
C       ************
        lt=la(ng(i,j,k+1))+al(ng(i,j,k+1))*(z(k+1)-z(k))/2.0
        pt=2.0*lp*lt*az/((lp+lt)*(z(k+1)-z(k)))
C       ************
        dp=ca(ng(i,j,k))*rho(ng(i,j,k))*vp/dt
        sum=wp+pe+sp+pn+bp+pt
        ftp=dp+rf*sum
        return
        end
        ***************************************************************
        ***************************************************************
        Subroutine hso1
        include'gparam.for'
        include'gdecl.for'
        include'gcommon.for'
C       hso1 Lines 41000-41999
        do kk=kk1,kk2
        do jj=jj1,jj2
        do ii=ii1,ii2
        if (rf.lt.0.9)then
        call trans
        qbwp=lp*ax/(lp+lw)
        qbpe=lp*ax/(lp+le)
        qbsp=lp*ay/(lp+ls)
        qbpn=lp*ay/(lp+lnn)
        qbbp=lp*az/(lp+lb)
        qbpt=lp*az/(lp+lt)
        hso(ii,jj,kk)=(1-rf)*
     + (wp*tn(ii-1,j,k)+pe*tn(ii+1,j,k)+
     + sp*tn(ii,jj-1,kk)+pn*tn(ii,jj+1,kk)+
     + bp*tn(ii,jj,kk-1)+pt*tn(ii,jj,kk+1))+
     + (dp-(1-rf)*sum)*tn(ii,jj,kk)+
     + qbwp*(1-rf)*qb(ng(ii-1,jj,kk))+
     + qbpe*(1-rf)*qb(ng(ii+1,jj,kk))+
     + qbsp*(1-rf)*qb(ng(ii,jj-1,kk))+
     + qbpn*(1-rf)*qb(ng(ii,jj+1,kk))+
     + qbbp*(1-rf)*qb(ng(ii,jj,kk-1))+
     + qbpt*(1-rf)*qb(ng(ii,jj,kk+1))
        else !rf.ge.0.9
        vp=(x(ii+1)-x(ii-1))*(y(jj+1)-y(jj-1))*(z(kk+1)-z(kk-1))/8.0
```

```
      dp=ca(ng(ii,jj,kk))*rho(ng(ii,jj,kk))*vp/dt
      hso(ii,jj,kk)=dp*tn(ii,jj,kk)
      endif
      enddo
      enddo
      enddo
      return
      end
************************************************************
************************************************************
      Subroutine hso2
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     hso2 Lines 42000-42999
      if (rf.gt.0.1)then
      do kk=kk1,kk2
      do jj=jj1,jj2
      do ii=ii1,ii2
      call trans
      qbwp=lp*ax/(lp+lw)
      qbpe=lp*ax/(lp+le)
      qbsp=lp*ay/(lp+ls)
      qbpn=lp*ay/(lp+lnn)
      qbbp=lp*az/(lp+lb)
      qbpt=lp*az/(lp+lt)
      hso(ii,jj,kk)=hso(ii,jj,kk)+
     + qbwp*rf*qb(ng(ii-1,jj,kk))+
     + qbpe*rf*qb(ng(ii+1,jj,kk))+
     + qbsp*rf*qb(ng(ii,jj-1,kk))+
     + qbpn*rf*qb(ng(ii,jj+1,kk))+
     + qbbp*rf*qb(ng(ii,jj,kk-1))+
     + qbpt*rf*qb(ng(ii,jj,kk+1))
      enddo
      enddo
      enddo
      endif
      return
      end
************************************************************
************************************************************
************************************************************
************************************************************
      Subroutine trans
      include'gparam.for'
      include'gdecl.for'
      include'gcommon.for'
C     trans Lines 43000-43999
      vp=(x(ii+1)-x(ii-1))*(y(jj+1)-y(jj-1))*(z(kk+1)-z(kk-1))/8.0
```

```
      ax=(y(jj+1)-y(jj-1))*(z(kk+1)-z(kk-1))/4.0
      ay=(x(ii+1)-x(ii-1))*(z(kk+1)-z(kk-1))/4.0
      az=(x(ii+1)-x(ii-1))*(y(jj+1)-y(jj-1))/4.0
      lp=la(ng(ii,jj,kk))
C     **********
      lw=la(ng(ii-1,jj,kk))+al(ng(ii-1,jj,kk))*(x(ii)-x(ii-1))/2.0
      wp=2.0*lw*lp*ax/((lw+lp)*(x(ii)-x(ii-1)))
C     **********
      le=la(ng(ii+1,jj,kk))+al(ng(ii+1,jj,kk))*(x(ii+1)-x(ii))/2.0
      pe=2.0*lp*le*ax/((lp+le)*(x(ii+1)-x(ii)))
C     **********
      ls=la(ng(ii,jj-1,kk))+al(ng(ii,jj-1,kk))*(y(jj)-y(jj-1))/2.0
      sp=2.0*ls*lp*ay/((ls+lp)*(y(jj)-y(jj-1)))
C     **********
      lnn=la(ng(ii,jj+1,kk))+al(ng(ii,jj+1,kk))*(y(jj+1)-y(jj))/2.0
      pn=2.0*lp*lnn*ay/((lp+lnn)*(y(jj+1)-y(jj)))
C     **********
      lb=la(ng(ii,jj,kk-1))+al(ng(ii,jj,kk-1))*(z(kk)-z(kk-1))/2.0
      bp=2.0*lb*lp*az/((lb+lp)*(z(kk)-z(kk-1)))
C     **********
      lt=la(ng(ii,jj,kk+1))+al(ng(ii,jj,kk+1))*(z(kk+1)-z(kk))/2.0
      pt=2.0*lp*lt*az/((lp+lt)*(z(kk+1)-z(kk)))
C     **********
      dp=ca(ng(ii,jj,kk))*rho(ng(ii,jj,kk))*vp/dt
      sum=wp+pe+sp+pn+bp+pt
      ftp=dp+rf*sum
      return
      end
```